

Desempenho do membro não-afetado em pacientes com reconstrução do ligamento cruzado anterior

Performance of uninjured lower limb after anterior cruciate ligament reconstruction

Maria Isabel de Noronha Neta¹, Nícia Farias Braga², Denise Dal'Ava Augusto²,
Ariane Emerenciano da Câmara³, Jamilson Simões Brasileiro⁴

Estudo desenvolvido no Laboratório de Análise de Performance Neuromuscular do PPG-Ft/UFRN – Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, Brasil

¹ Fisioterapeuta Ms.

² Mestrandas em Fisioterapia no PPG-Ft da UFRN

³ Graduanda em Fisioterapia na UFRN

⁴ Prof. Dr. do PPG-Ft da UFRN

ENDEREÇO PARA
CORRESPONDÊNCIA

Jamilson S. Brasileiro
Av. Jaguarari 5250 Condomínio
Green Towers Bl A, apto 801
Candelária
59.064-500 Natal RN
e-mail: brasileiro@ufrnet.br

Este estudo foi apoiado pelo
CNPq – Conselho Nacional de
Desenvolvimento Científico e
Tecnológico – e pela Capes –
Coordenação de
Aperfeiçoamento de Pessoal de
Nível Superior

APRESENTAÇÃO
nov. 2009

ACEITO PARA PUBLICAÇÃO
maio 2010

RESUMO: Défices sensoriais persistentes após a reconstrução do ligamento cruzado anterior (LCA) podem causar alterações como fraqueza muscular e comprometimento do equilíbrio e do desempenho funcional. Diversos estudos discutem se essas alterações também estão presentes no membro inferior não-afetado e se esse membro pode ser utilizado como referência nas avaliações desses pacientes. O objetivo do presente estudo foi comparar o torque extensor e flexor do joelho, o equilíbrio unipodal e o desempenho funcional sobre o membro não-afetado de pacientes submetidos à reconstrução do LCA, com membros inferiores de sujeitos saudáveis. Participaram do estudo 23 indivíduos submetidos à reconstrução do LCA e 22 sujeitos saudáveis, que foram avaliados quanto ao torque extensor e flexor do joelho durante contração isocinética concêntrica a 60 graus/s no dinamômetro isocinético, à velocidade média de oscilação do centro de pressão em apoio unipodal no baropodômetro, e submetidos a dois testes de salto para avaliar o desempenho funcional. Os resultados não revelaram diferenças entre o membro não-afetado e os membros inferiores do grupo controle em todas as variáveis estudadas ($p > 0,05$). Esses resultados sugerem que o membro não-afetado de pacientes submetidos à reconstrução do LCA pode ser utilizado como referência nos estudos de avaliação desses pacientes.

DESCRIPTORES: Força muscular; Ligamento cruzado anterior; Torque; Traumatismos do joelho

ABSTRACT: Persistent sensorial deficits after anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction might lead to muscle weakness, balance and functional performance disorders. Several studies inquire whether these alterations also appear in the uninjured limb and whether the latter could be used as reference for patient assessment. The aim of the present study was to compare knee extensor and flexor torque, balance and functional performance of non-injured lower limb, after contralateral ACL reconstruction, with lower limbs of healthy subjects. Twenty-three male patients who had had ACL reconstruction, and 22 control subjects were assessed as to knee flexor and extensor torque during concentric isokinetic contraction at 60o/s with an isokinetic dynamometer, mean speed of centre of pressure swing during single-limb stance, and submitted to two hop tests to assess functional performance. Results showed no significant differences between uninjured side and healthy subjects lower limbs at all assessed variables ($p > 0.05$). These findings suggest that the uninjured limb may be safely used as reference in studies to assess post-ACL patients.

KEY WORDS: Anterior cruciate ligament; Knee injuries; Muscle strength; Torque

INTRODUÇÃO

A ruptura do ligamento cruzado anterior (LCA) é reconhecida como uma das lesões traumáticas mais frequentes entre atletas e sujeitos fisicamente ativos, compreendendo cerca de 50% de todas as lesões nos ligamentos dos joelhos^{1,2}.

Técnicas de reconstrução após a ruptura do LCA têm sido aperfeiçoadas e mostram bons resultados na estabilização mecânica do joelho. Porém, mesmo com maior estabilização, há grandes possibilidades de não ocorrer a recuperação completa de função após a cirurgia, o que pode estar relacionado não somente a défices motores, mas também à diminuição sensorial³. Défices sensoriais poderiam persistir após a cirurgia, pois o trauma imposto pela cirurgia a determinadas estruturas (mecanorreceptores e conexões nervosas) não podem ser facilmente restauradas³. Essa condição pode levar a alterações como fraqueza do músculo quadríceps^{4,5}, comprometimento do equilíbrio em apoio unipodal e no desempenho funcional⁶. Diversos estudos discutem se tais alterações também estão presentes no membro inferior não-acometido após a lesão e a cirurgia de reconstrução desse ligamento^{7,8,9}.

Estudos que avaliaram a diminuição na ativação do músculo quadríceps femoral do membro inferior submetido à reconstrução do LCA sugerem que tal *deficit* é decorrente da perda de informações aferentes dos mecanorreceptores do LCA para a alça gama¹⁰. Estudos encontraram esse *deficit* no membro não-acometido de indivíduos com ruptura e submetidos à reconstrução de LCA^{7,11}. A similaridade entre diferentes estudos aponta para um mecanismo neurofisiológico comum. Porém, pesquisas que avaliaram força^{7,12,13}, equilíbrio¹²⁻¹⁴ e desempenho funcional^{13,15} mostraram diferentes resultados quando o membro não-acometido era comparado a um grupo controle de sujeitos saudáveis. Esses achados não são consensuais pelo emprego do membro não-acometido como referência para as comparações. O objetivo do presente estudo foi comparar o torque, o equilíbrio e o desempenho funcional do membro não-acometido de pacientes submetidos à reconstrução do

LCA com membros inferiores de sujeitos saudáveis.

METODOLOGIA

Este estudo foi inicialmente aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Federal do Rio Grande do Norte e um termo de consentimento livre e esclarecido foi assinado pelos participantes, confirmando sua participação voluntária na pesquisa.

A amostra foi composta por 45 sujeitos do sexo masculino; 23 foram selecionados dentre os pacientes de duas clínicas de fisioterapia que haviam se submetido à reconstrução do LCA cerca de 5 meses antes (147 ± 34 dias); esses sujeitos ($29,8 \pm 9,6$ anos; IMC $25,7 \pm 3,4$ kg/m²) compuseram o grupo de reconstrução do LCA (GR); 22 sujeitos ($26,5 \pm 7,4$ anos; IMC $24,1 \pm 2,9$ kg/m²) fisicamente ativos (prática de atividade física de 2 a 3 vezes por semana) e que não apresentavam lesão osteomioarticular nos membros inferiores, voluntariaram para compor o grupo controle (GC).

O tamanho da amostra foi calculado com o auxílio do programa EpiInfo 3.5.1. O intervalo de confiança foi de 95%, o poder do teste de 80%, o tamanho da amostra de 1:1 (controle/caso) e a frequência esperada da exposição nos controles foi 30/100000. O número amostral do presente estudo se aproximou do resultado encontrado pelo cálculo amostral, que foi de 24 sujeitos.

Os critérios de inclusão para o GR foram: ter sido submetido a um procedimento cirúrgico unilateral de reconstrução do LCA com a técnica de enxerto de duplos tendões dos músculos semitendíneo e grácil e estar em tratamento fisioterapêutico entre o terceiro e sexto mês pós-operatório. Esse intervalo de tempo foi delimitado porque, nessa fase do protocolo fisioterapêutico de reabilitação, os pacientes realizam atividades de força, treino neuromuscular e equilíbrio em suas rotinas de recuperação. Ambos os grupos deveriam: ter idade entre 18 e 45 anos; não usar drogas ou medicamentos que comprometam o equilíbrio; não apresentar patologias ou derrame articular; não ter histórico de cirurgias associadas nos membros inferiores nem de disfunção

neurológica, vestibular ou visual.

Os sujeitos foram excluídos do estudo caso referissem dor durante os procedimentos de coleta ou se não executassem os procedimentos de avaliação de forma correta, de modo a impossibilitar a captação de quaisquer dos dados investigados. Um sujeito de cada grupo foram excluídos, pois referiram dor ou desconforto durante a coleta de dados.

Procedimentos

Os sujeitos realizaram num mesmo dia os testes na seguinte ordem: (1) avaliação do equilíbrio postural; (2) determinação do pico de torque isocinético; (3) avaliação do desempenho funcional. Foi estabelecido um intervalo de 5 minutos entre as avaliações.

Os instrumentos de avaliação utilizados foram: um baropodômetro computadorizado Eclipse 3000 (Guy-Capron SA, França) para registrar o equilíbrio em apoio unipodálico; um dinamômetro isocinético computadorizado (Multi-Joint System 3, Biodex, USA) para registrar os torques extensor e flexor do joelho.

Antes de serem iniciadas as avaliações foi determinado o membro dominante (MD) e o não-dominante (MND), mediante pergunta sobre o membro de preferência para a execução de um chute (ex.: "com qual perna você chutaria uma bola?"). No GR, foi avaliado o membro não submetido à reconstrução do ligamento, denominado MNA. Durante as três avaliações (de equilíbrio, força e desempenho funcional) foi predeterminado que os participantes do GC iniciassem os procedimentos com o MD.

Para a coleta dos dados referentes ao equilíbrio postural, os sujeitos foram posicionados em pé, com os olhos abertos e em apoio unipodal no membro testado. O mesmo foi mantido a 20° de flexão¹⁶, utilizando um goniômetro universal (Carci, BR). O membro inferior não-apoiado permaneceu com o quadril a 0° e o joelho a 90° de flexão¹⁶. Os sujeitos foram instruídos a permanecer com as mãos apoiadas na crista ilíaca durante a coleta dos dados, como ilustra a Figura 1. A escolha da avaliação do equilíbrio dos sujeitos apenas com os olhos abertos seguiu o protocolo proposto por Chmielewski et al.¹⁶: como as atividades



Figura 1 Posicionamento do sujeito para o teste no baropodômetro

funcionais e de vida diária são executadas com os olhos abertos, foi objetivo do presente estudo realizar as atividades de avaliação com os olhos abertos, e não fechados.

A captação da velocidade média de oscilação do centro de pressão (VmCP) foi realizada alternando os membros. Cada condição de teste foi repetida por três vezes em cada membro, sendo considerada para análise a média das três medidas. Os testes foram anulados caso houvesse perda de equilíbrio ou se o joelho testado não mantivesse os 20° de flexão (visualmente monitorados). O tempo de aquisição dos dados foi de 10 segundos, com o mesmo período de repouso entre cada avaliação¹⁶. Antes do início dos testes, o sujeito foi familiarizado com o procedimento de avaliação, repetindo-o uma vez com cada um dos membros. A variável VmCP é registrada pelo programa Podosat do baropodômetro computadorizado, com superfície de 40 x 40 (cm), que permite informações da velocidade de oscilação do centro de pressão do corpo (distância média percorrida pelo centro de pressão em mm/s) para deslocamento nos planos lateral e



Figura 2 Posicionamento do sujeito para o teste no dinamômetro isocinético

sagital. A relação entre a VmCP e o equilíbrio é dada por uma razão inversa, onde quanto maior a velocidade de oscilação do centro de pressão do sujeito, menor é o seu equilíbrio¹⁷. O estudo do equilíbrio postural por meio de um baropodômetro computadorizado é um método de avaliação objetivo que pode ser utilizado em sujeitos de ambos os sexos, independentemente de peso ou idade¹⁸.

A avaliação do torque isocinético foi realizada com o encosto do dinamômetro reclinado em 5° em relação à posição vertical. Quatro cintos estabilizaram a coxa, pelve e tronco dos sujeitos. Foram feitos ajustes para a fixação do braço de alavanca, onde a resistência foi aplicada a três cm acima do maléolo lateral, para permitir a dorsiflexão do tornozelo. O eixo mecânico do dinamômetro foi alinhado com o epicôndilo lateral do fêmur (Figura 2). Para a estabilização dos demais segmentos corporais, os sujeitos foram orientados a segurar firmemente o apoio lateral do assento¹⁹.

O torque flexor e extensor do joelho foram avaliados concentricamente na

velocidade de 60°/s com movimentos entre os ângulos de 0 e 90 graus. Os sujeitos foram instruídos a realizar cinco repetições submáximas para a familiarização com o teste²⁰. Após dois minutos de intervalo, os sujeitos foram verbalmente encorajados a realizar as cinco repetições com a força máxima de contração e os dados do pico de torque extensor e flexor foram coletados²⁰.

O desempenho funcional foi avaliado por meio de dois testes de salto, o de salto único e o teste de salto triplo²⁰. Uma fita adesiva com 6 m de comprimento foi fixada ao solo para medição da distância dos saltos. Inicialmente os sujeitos foram familiarizados com os testes, repetindo cada teste uma vez com cada um dos membros, com um tempo de repouso de 30 s entre cada membro. Nenhuma informação foi dada com relação ao posicionamento das mãos ou para onde os sujeitos deveriam fixar o olhar durante os saltos²¹. Após a familiarização com os testes, cada condição foi repetida duas vezes em cada membro, alternando-os, sendo considerada para análise a média das duas medidas. Para o salto ser considerado válido, o sujeito

deveria manter-se equilibrado por dois segundos após a finalização do salto, o membro contralateral ao avaliado ou os membros superiores não deveriam tocar o solo e não poderia ser realizado qualquer salto adicional. Caso qualquer uma dessas condições ocorresse o teste era repetido²¹, sendo necessários geralmente um ou dois saltos extras.

No primeiro teste (salto único), os sujeitos foram instruídos a realizar um único salto máximo sobre o membro testado e a medida utilizada foi a distância entre o ponto onde o hálux estivesse posicionado após o salto e o ponto de partida. No segundo teste (salto triplo) os sujeitos foram instruídos a realizar três saltos consecutivos máximos sobre o membro testado, finalizando o salto com esse membro, e a distância total dos três saltos consecutivos foi aferida²¹.

Análise estatística

Inicialmente foi utilizado o teste Kolmogorov-Smirnov, que confirmou a normalidade dos dados. Foi aplicada estatística descritiva (média e desvio padrão) para as variáveis idade, IMC, tempo de lesão e tempo pós-cirurgia. O teste t de Student não-pareado foi aplicado para o cálculo das diferenças entre os grupos quanto a idade e IMC. Para verificar as diferenças entre os grupos, entre o membro não-acometido do GR e o membro dominante e não-dominante do GC, foi utilizado o teste Anova unidirecional, seguido do teste *post-hoc* de Tukey. A análise dos dados foi feita com auxílio do programa SPSS (*Statistical package for social sciences*, v.15.0) atribuindo-se o nível de significância de 5%.

RESULTADOS

Os testes não revelaram diferenças estatisticamente significativas entre os grupos quanto à idade ou ao IMC ($p=0,23$ e $0,09$, respectivamente).

Em nenhuma das variáveis estudadas foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre o MNA do grupo reconstrução e o MD e MND do grupo controle. Valores de $p=0,98$ e $p=0,66$ foram encontrados nos registros do pico de torque extensor e flexor a 60°/s respectivamente, quando comparado o

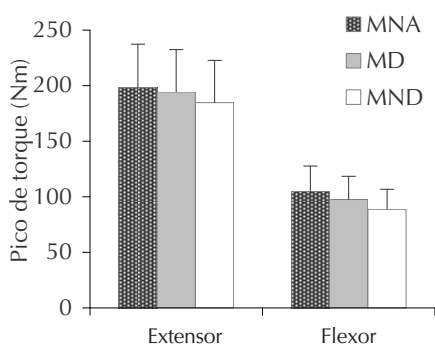


Figura 3 Pico de torque (média ± desvio padrão) extensor e flexor a 60 %/s nos membros não-acometido (MNA), dominante (MD) e não-dominante (MND)

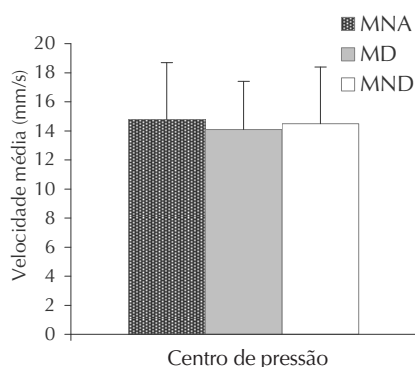


Figura 4 Velocidade média (média ± desvio padrão) de oscilação do centro de pressão nos membros não-acometido (MNA), dominante (MD) e não-dominante (MND)

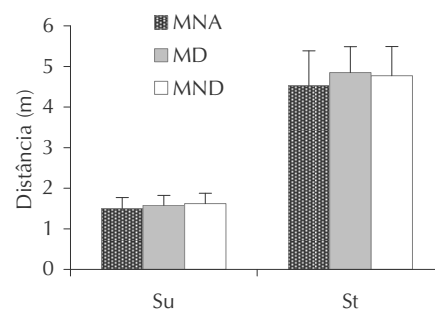


Figura 5 Distância alcançada (média ± desvio padrão) no salto único (Su) e no salto triplo (St) pelos membros não-acometido (MNA), dominante (MD) e não-dominante (MND)

MNA o MD; e $p=0,64$ e $p=0,06$, quando o MNA foi comparado ao MND. Os dados são observados na Figura 3.

A velocidade média de oscilação do centro de pressão foi empregada para quantificar o equilíbrio postural em apoio unipodal, não sendo encontrada

diferença entre o MNA e MD ($p=0,91$) e o MNA e MND ($p=0,99$) (Figura 4).

Quando comparados os valores para o MNA e o MD nos testes de salto único (Su) e salto triplo (St), foram obtidos $p=0,69$ para o Su e $p=0,52$ para o St. Quando comparados o MNA e o MND, foram encontrados $p=0,39$ para o Su e $p=0,74$ para o St, não sendo encontradas diferenças entre os membros, como mostra a Figura 5.

DISCUSSÃO

Os dados revelaram que não houve diferença entre o membro não-acometido e os membros inferiores do grupo controle para qualquer das variáveis analisadas (pico de torque, equilíbrio e desempenho funcional). Esses dados contradizem a idéia de alguns estudos^{7,10,11,15,22,23} segundo os quais o MNA não poderia ser utilizado como referência nas avaliações do membro acometido após reconstrução do LCA. Alguns autores^{10,23} sugerem que a diminuição das informações sensoriais após a lesão do LCA não teria um impacto direto sobre a função dos motoneurônios alfa, mas sobre a função dos motoneurônios gama. Esse sistema possibilita um ajuste no encurtamento das fibras intrafusais e permite a regulação da sensibilidade, a qual afeta a capacidade de produzir contração muscular. Esse mecanismo é explicado por estudos como o de Konish *et al.*⁷, para quem a disfunção na alça gama é responsável pela diminuição das informações aferentes dos mecanorreceptores no LCA para os motoneurônios gama em ambos os membros inferiores, após a reconstrução unilateral do LCA.

O pico de torque extensor e flexor do joelho aqui medido foi similar ao encontrado em outros estudos que compararam o pico de torque do MNA de pacientes após reconstrução do LCA com um grupo controle^{12,13,24}. Hoffman *et al.*¹² avaliaram 20 sujeitos saudáveis e 20 pacientes a partir do terceiro mês de reconstrução do LCA e também não encontraram diferenças no pico de torque extensor a 60°/s entre o MNA e os dois membros do grupo controle. Mattacolla *et al.*¹³ também referem que o MNA gerou um torque extensor de joelho maior que o membro acometido e que os valores de torque foram similares quando

o MNA foi comparado com o grupo controle. Recentemente, Landes *et al.*²⁴ avaliaram a média do pico de torque isométrico flexor do joelho em pacientes submetidos a reconstrução do LCA utilizando os tendões do semitendíneo e grácil e também não encontraram diferenças entre o MNA e o grupo controle.

Os resultados do presente estudo confirmam a idéia de que, embora haja uma clara evidência de conexões neurais contralaterais (disfunção na alça gama) que afetariam a função do MNA após a cirurgia de reconstrução do LCA, essa anormalidade não afeta a produção de força do MNA.

O equilíbrio postural em apoio unipodal (aferido pela velocidade média de oscilação do centro de pressão) também não diferiu entre o MNA e o MD e MND do grupo controle. Esse achado pode ser explicado através dos argumentos de Freeman e Wyke²⁵. Esses autores afirmam que os danos nos mecanorreceptores presentes em cápsulas e ligamentos podem alterar as informações oriundas da articulação para o sistema nervoso central. Essa alteração causaria mudanças no controle postural devido ao dano localizado nos receptores do ligamento do membro submetido à reconstrução (unilateralmente), limitando o *deficit* de equilíbrio a este membro, não para o MNA.

Os resultados do presente estudo corroboram outros que não encontraram diferenças entre o MNA e o grupo controle^{13,16,26} e não estão de acordo com estudos^{12,27} que encontram *deficit* de equilíbrio no MNA de pacientes após reconstrução do LCA, quando este foi comparado aos membros inferiores de grupos controles, e que defendem a idéia de que danos nos mecanorreceptores da articulação do joelho após a lesão ou reconstrução do LCA interrompem o mecanismo de controle postural central, o que

afetaria ambos os membros inferiores.

Um ponto que deve ser levado em consideração é que o equipamento utilizado nesse estudo para a avaliação do equilíbrio postural (baropodômetro computadorizado) permitiu avaliar apenas o equilíbrio estático dos pacientes. Embora esse protocolo seja utilizado em muitos estudos^{6,12,28,29}, a avaliação em condições dinâmicas poderia fornecer mais informações sobre o estado do equilíbrio postural dos pacientes, como situações de desequilíbrio durante a marcha ou quando o sujeito é desestabilizado, ou ao subir um degrau.

Quanto ao desempenho funcional, os resultados fortalecem a idéia de que não haveria comprometimento funcional no MNA após a reconstrução do LCA. Muitos estudos utilizam o MNA como controle quando realizam avaliações do desempenho funcional por testes de salto, pois estabelecem um índice de simetria entre o MNA e o membro acometido, calculando a razão da distância saltada do membro acometido e do MNA multiplicado por 100^{16,20,21,30,31}. Mattacola *et al.*¹³ não utilizaram o índice de simetria entre os membros, mas avaliaram o desempenho funcional do MD e o MND de um grupo controle com relação ao MNA de pacientes após a reconstrução do LCA e também não encontraram *deficits* nesse membro ao realizar o teste de salto único. Indivíduos do grupo reconstruído foram capazes de saltar uma distância maior com o MNA do que os indivíduos do grupo controle, sugerindo que pode ter ocorrido uma compensação para a perda de função do membro reconstruído.

É importante ressaltar que todos os participantes do estudo realizaram o mesmo protocolo de reabilitação, iniciando o treino neuromuscular (exercícios na cama elástica e prancha de equilíbrio, ativida-

des em solo com obstáculos e saltos verticais bipodais) e equilíbrio a partir do segundo mês de reabilitação. Esse protocolo enfatizava tanto o membro acometido como o MNA. Acredita-se que essas atividades podem ser responsáveis pelo bom desempenho do MNA quando comparado ao grupo controle.

O presente estudo apresenta limitações como a falta de uma avaliação do equilíbrio dinâmico dos pacientes que poderia completar a análise de seu equilíbrio. Embora o equipamento de baropodometria computadorizado seja utilizado na avaliação das oscilações posturais do indivíduo, não existe na literatura estudos de confiabilidade e reprodutibilidade para a população estudada. A realização da avaliação em períodos distintos da reabilitação (a amostra foi composta tanto por pacientes tanto no terceiro quanto no sexto mês de reabilitação) também é uma limitação, já que se sabe que o quadro funcional do paciente varia dependendo do estágio da recuperação. Porém, essa condição foi minimizada, pois todos os pacientes já realizavam atividades de força, treino neuromuscular e equilíbrio. Os resultados encontrados limitam-se ao tempo pós-cirúrgico estudado e não devem ser estendidos a pacientes em outras fases de recuperação, devido às características inerentes a cada fase.

CONCLUSÃO

No presente estudo, não foi encontrado *deficit* funcional, de torque ou de equilíbrio estático, no membro não-acometido de sujeitos submetidos à reconstrução do LCA. Esse achado permite afirmar que esse membro pode ser utilizado como referência nos estudos de avaliação de sujeitos submetidos à reconstrução do LCA.

REFERÊNCIAS

- 1 Bollen S. Ligament injuries of the knee: limping forward?. *Br J Sports Med.* 1998;32(1):82-4.
- 2 Noyes FR, Mooar PA, Matthews DS, Butler DL. The symptomatic anterior cruciate-deficient knee, part I: the long-term functional disability in athletically active individuals. *J Bone Joint Surg Am.* 1983;65:154-62.
- 3 Bonfim TR, Paccola CAJ, Barela JA. Proprioceptive and behavior impairments in individuals with anterior cruciate ligament reconstructed knees. *Arch Phys Med Rehabil.* 2003;84(8):1217-23.
- 4 Kobayashi A, Higuchi H, Terauchi M, Kobayashi F, Kimura M, Takagishi K. Muscle performance after anterior cruciate ligament reconstruction. *Int Orthop.* 2004;28(1):48-51.

Referências (cont.)

- 5 Ingersoll CD, Grindstaff TL, Pietrosimone BG, Hart JM. Neuromuscular consequences of anterior cruciate ligament injury. *Clin Sports Med.* 2008;27(3):383-404.
- 6 Ageberg E, Roberts D, Holmström E, Fridén T. Balance in single-limb stance in patients with anterior cruciate ligament injury: relation to knee laxity, proprioception, muscle strength, and subjective function. *Am J Sports Med.* 2005;33(10):1528-35.
- 7 Konishi Y, Aihara Y, Sakai M, Ogawa G, Fukubayashi T. Gamma loop dysfunction in the quadriceps femoris of patients who underwent anterior cruciate ligament reconstruction remains bilaterally. *Scand J Med Sci Sports.* 2007;17(4):393-9.
- 8 Hiemstra LA, Webber S, MacDonald PB, Kriellaars DJ. Contralateral limb strength deficits after anterior cruciate ligament reconstruction using a hamstring tendon graft. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2007;22(5):543-50.
- 9 Urbach D, Nebelung W, Ropke M, Becker R, Awiszus F. Bilateral dysfunction of the quadriceps muscle after unilateral cruciate ligament rupture with concomitant injury central activation deficit. *Unfallchirurg.* 2000;103(11):949-55.
- 10 Konishi Y, Fukubayashi T, Takeshita D. Mechanism of quadriceps femoris muscle weakness in patients with anterior cruciate ligament reconstruction. *Scand J Med Sci Sports.* 2002;12(6):371-5.
- 11 Konishi Y, Konishi H, Fukubayashi T. Gamma loop dysfunction in quadriceps on the contralateral side in patients with ruptured ACL. *Med Sci Sports Exerc.* 2003;35(6):897-900.
- 12 Hoffman M, Schrader J, Kocaja D. An investigation of postural control in postoperative anterior cruciate ligament reconstruction patients. *J Athl Train.* 1999;34:130-6.
- 13 Mattacola CG, Perrin DH, Gansneder BM, Gieck JH, Saliba EN, Mccue FC. Strength, functional outcome, and postural stability after anterior cruciate ligament reconstruction. *J Athl Train.* 2002;37:262-8.
- 14 Lysholm M, Ledin T, Odkvist LM, Good L. Postural control: a comparison between patients with chronic anterior cruciate ligament insufficiency and healthy individuals. *Scand J Med Sci Sports.* 1998;8:432-8.
- 15 Urbach D, Awiszus F. Impaired ability of voluntary quadriceps activation bilaterally interferes with function testing after knee injuries: a twitch interpolation study. *Int J Sports Med.* 2002;23:231-6.
- 16 Chmielewski TL, Wilk KE, Snyder-Mackler L. Changes in weight bearing following injury or surgical reconstruction of the ACL: relationship to quadriceps strength and function. *Gait Posture.* 2002;16(1):87-95.
- 17 Duarte M, Zatsiorsky VM. Patterns of center of pressure migration during prolonged unconstrained standing. *Motor Control.* 2000;3(1):12-27.
- 18 Nordahl SH, Aasen T, Dyrkorn BM, Eldsvik S, Molvaer OI. Static stabilometry and repeated testing in a normal population. *Aviat Space Environ Med.* 2000;71:889-93.
- 19 Brasileiro JS. Alterações funcionais e morfológicas do músculo quadríceps induzidas pelo treinamento excêntrico após reconstrução do LCA [tese]. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos; 2004.
- 20 Keays SL, Bullock-Saxton J, Keays AC. Strength and function before and after anterior cruciate ligament reconstruction. *Clin Orthop Relat Res.* 2000;373:174-83.
- 21 Reid A, Birmingham TB, Stratford PW, Alcock GK, Giffin JR. Hop testing provides a reliable and valid outcome measure during rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction. *Phys Ther.* 2007;87(3):337-49.
- 22 Konishi Y, Fukubayashi T, Takeshita D. Possible mechanism of quadriceps femoris weakness in patients with ruptured anterior cruciate ligament. *Med Sci Sports Exerc.* 2002;34:1414-8.
- 23 Konishi Y, Ikeda K, Nishino A, Sunaga M, Aihara Y, Fukubayashi T. Relationship between quadriceps femoris muscle volume and muscle torque after anterior cruciate ligament repair. *Scand J Med Sci Sports.* 2007;17:656-61.
- 24 Landes S, Nyland J, Elmlinger B, Tillett E, Caborn D. Knee flexor strength after ACL reconstruction: comparison between hamstring autograft, tibialis anterior allograft, and non-injured controls. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2010;18(3):317-24.
- 25 Freeman MA, Wyke B. The innervation of the knee joint: an anatomical and histological study in the cat. *J Anat.* 1967;101:505-32.
- 26 Alonso AC, Greve JM, Camanho GL. Evaluating the center of gravity of dislocations in soccer players with and without reconstruction of the anterior cruciate ligament using a balance platform. *Clinics (Sao Paulo).* 2009;64(3):163-70.
- 27 Denti M, Randelli P, Lo Vetere D, Moiola M, Bagnoli I, Cawley PW. Motor control performance in the lower extremity: normal vs. anterior cruciate ligament reconstructed knees 5-8 years from the index surgery. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2000;8(5):296-300.
- 28 Henriksson M, Ledin T, Good L. Postural control after anterior cruciate ligament reconstruction and functional rehabilitation. *Am J Sports Med.* 2001;29(3):359-66.
- 29 Zätterström R, Fridén T, Lindstrand A, Moritz U. The effect of physiotherapy on standing balance in chronic anterior cruciate ligament insufficiency. *Am J Sports Med.* 1994;22(4):531-6.
- 30 Keays SL, Bullock-Saxton J, Newcombe P, Keays AC. The relationship between knee strength and functional stability before and after anterior cruciate ligament reconstruction. *J Orthop Res.* 2003;21(2):231-7.
- 31 Jong SN, van Caspel DR, van Haef M, Saris DB. Functional assessment and muscle strength before and after reconstruction of chronic anterior cruciate ligament lesions. *Arthroscopy.* 2007;23(1):21-8.